**Nazwa przedmiotu:**

Materiały metaliczne - obróbka cieplna/ Metallic Materials - Heat Treatment

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Michał Tacikowski, prof. PW

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Inżynieria Materiałowa

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

MATMOC

**Semestr nominalny:**

4 / rok ak. 2021/2022

**Liczba punktów ECTS:**

2

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

Liczba godzin pracy studenta ogółem - 60, obejmuje: obecność na wykładach- 30 godz., przygotowanie się studenta do egzaminu pisemnego – 30 godzin.

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

2 punkty ECTS – 30 godzin wykładu.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

-

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Zakres wiadomości z przedmiotów wykładowych i laboratoryjnych - Podstawy Nauki o Materiałach 1 – 3 oraz z przedmiotu wykładowego Materiały Metaliczne i Metalurgia. Struktura krystaliczna, rodzaje faz w stopach metali, defekty budowy krystalicznej, punktowe, liniowe, powierzchniowe. Krystalizacja z fazy ciekłej i stałej, zarodkowanie, mechanizm wzrostu. Podstawy krystalizacji. Układy równowagi faz, budowa wykresów równowagi. Układ Fe-Fe3C, struktury równowagowe, przemiany fazowe. Podstawy dyfuzji. Mechanizmy umocnienia, roztworowe, odkształceniowe, wydzieleniowe, dyspersyjne. Odkształcenie plastyczne, zdrowienie i rekrystalizacja. Podstawowe przemiany fazowo strukturalne zachodzące przy nagrzewaniu i chłodzeniu stali. Tworzenie struktur perlitycznych, bainitycznych i martenzytycznych, Przemiany przy nagrzewaniu martenzytu w procesach odpuszczania. Tworzenie sorbitu podczas ulepszania cieplnego. Informacje o głównych metodach metalurgicznych stosowanych w technice, stopach żelaza, stalach i żeliwach oraz (Al, Cu, Zn, Mg) Procesy metalurgiczne wytwarzania technicznych stopów żelaza (stali, żeliw). Procesy stalownicze, przemiany fazowe oraz mechanizmy umocnienia i możliwości ich wykorzystania w procesach kształtowania właściwości stopów Fe. Podstawy klasyfikacji, znakowania, własności i zastosowanie stali, żeliw oraz stopów metali nieżelaznych.

**Limit liczby studentów:**

Wykład - bez ograniczeń

**Cel przedmiotu:**

Przekazanie studentom podstawowej wiedzy o tworzywach metalicznych stosowanych w technice w obróbce cieplnej, w szczególności o stopach żelaza (stalach i żeliwach) oraz stopach innych metali (Al, Cu). Omówienie podstaw teoretycznych obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej stopów żelaza, w tym zwłaszcza przemian podstawowych Przekazanie studentom podstaw wiedzy o realizacji technologii obróbek cieplnych i cieplno-chemicznych w oparciu o stosowane urządzenia, atmosfery ochronne, ośrodki grzewcze i chłodzące oraz o wiedzę teoretyczną w zakresie mechanizmów przemian fazowo-strukturalnych zachodzących przy grzaniu i chłodzeniu materiałów i występujące w nich naprężenia własne. Zapoznanie z zagadnieniem hartowności stali. Przekazanie podstawowej wiedzy z zakresu budowy urządzeń do realizacji nowoczesnej technologii obróbki cieplnej stopów metali, w tym pieców z atmosferami ochronnymi, ośrodkami kąpielowymi oraz urządzeniami próżniowymi. Zapoznanie z metodami oceny efektów obróbki cieplnej, z wadami w obróbce cieplnej, w tym z wpływem składników chemicznych ośrodków grzewczych na zmiany lub równowagę składników fazowo strukturalnych w strefach przypowierzchniowych w obrabialnych cieplnie materiałach, podczas grzania i chłodzenia w celu uzyskania określonych własności obrabianych stopów metali. Omówienie technologii obróbek cieplnych stali konstrukcyjnych oraz narzędziowych w tym stali do pracy na zimno, gorąco lub szybkotnących, stali nierdzewnych oraz stopów metali kolorowych oraz nowoczesnych, ekonomicznych obróbek cieplno-chemicznych nawęglania, azotowania, węgloazotowania w oparciu o procesy aktywno-dyfuzyjne gazowe, próżniowe oraz regulowane. Zapoznanie z wymogami BHP w zakresie realizacji obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej.

**Treści kształcenia:**

Obróbka cieplna stali - wprowadzenie. Podstawy wiedzy o tworzywach metalicznych stosowanych w technice w obróbce cieplnej, w szczególności o stopach żelaza, w tym w szczególności o stalach oraz stopach innych metali. Zalecenia norm w zakresie terminologii stosowanej w realizacji technologii obróbki cieplnej składającej się z zabiegów i czynności, operacji, przy nagrzewaniu i chłodzeniu z pośrednim wytrzymywaniem temperatur przy obróbce stali stopowych i zmniejszonym przewodnictwie cieplnym. Rozkład temperatur w przekroju elementów przy grzaniu i chłodzeniu oraz tworzące się naprężenia cieplne i strukturalne. Ośrodki grzewcze i chłodzące w obróbce cieplnej. Omówienie podstaw teoretycznych obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej stopów żelaza, w tym zwłaszcza czterech przemian podstawowych i pośredniej przemiany bainitycznej. Krzywe CTP. Hartowność stali i metody jej wyznaczania, wpływ pierwiastków stopowych. Zmiany własności stref przypowierzchniowych na skutek procesów odwęglania i utleniania stali i metody zapobiegania. Atmosfery ochronne generatorowe endo - i egzotermiczne, oraz z rozkładu amoniaku. Skład, wytwarzanie, zastosowanie. Podstawowe urządzenia stosowane do realizacji obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej w ośrodkach gazowych, kąpielach oraz w próżni. Technologia obróbek cieplnych stali konstrukcyjnych oraz narzędziowych w tym stali do pracy na zimno, gorąco lub szybkotnących, stali nierdzewnych oraz stopów metali kolorowych. Realizacja technologii obróbek obróbki cieplnej w zakresie wyżarzania, hartowania martenzytycznego objętościowego stali konstrukcyjnych, łożyskowych i narzędziowych w połączeniu z procesami odpuszczania. Ulepszanie cieplne stali. Dobór parametrów, urządzeń, ośrodków grzewczych i chłodzących w celu otrzymania określonych własności w oparciu o przemiany strukturalne materiałów. Izotermiczne procesy hartowania bainitycznego, dobór stali, a otrzymywane własności. Procesy utwardzania dyspersyjnego w ramach przesycania i starzenia. Kształtowania własności powierzchniowych stali w procesach obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej stali. Nawęglanie, azotowanie, borowanie stali. Metalizowanie dyfuzyjne. Realizacja procesów technologii utwardzania powierzchniowego w procesach hartowania powierzchniowego, nawęglania, w tym aktywno-dyfuzyjnego i próżniowego oraz azotowania gazowego w procesach regulowanych. Ocena efektów obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej. Wady w obróbce cieplnej i cieplno-chemicznej. Zagadnienie Utleniania i odwęglenia stali w procesach obróbki cieplnej, metody zapobiegania, w tym atmosfery ochronne Podstawy obróbki cieplno-plastycznej stali. Zasady BHP w obróbce cieplnej. Omówienie podstaw teoretycznych obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej stopów żelaza, w tym zwłaszcza czterech przemian podstawowych i pośredniej przemiany bainitycznej.

**Metody oceny:**

Wykład: 2- godzinny egzamin pisemny w sesji oraz dodatkowa część ustna egzaminu w przypadku niejednoznacznych wyników w części pisemnej.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. K. Przybyłowicz, Metaloznawstwo, Wyd. VIII, WNT, 2007
2. L. A. Dobrzański, Materiały inżynierskie i projektowanie Materiałowe, Podstawy nauki i materiałach i metaloznawstwo, Wyd. II, WNT, 2006
3. M. Blicharski, Inżynieria materiałowa Stal, Wyd. II, WNT, 2012
4. M. Blicharski, Inżynieria materiałowa, WNT, Warszawa, 2014
5. M. Blicharski, Inżynieria powierzchni, WNT, Warszawa, 2016
6. L. Dobrzański Metaloznawstwo i Obróbka Cieplna Materiałów Narzędziowych, WNT, Warszawa 1990.
7. W. Luty i inni Poradnik Inżyniera – Obróbka Cieplna Stopów Żelaza WNT, 1977.
8. A. Moszczyński, Nawęglanie Gazowe Stali, WNT, 1983.

**Witryna www przedmiotu:**

---

**Uwagi:**

---

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka MATMOC\_W1:**

Ma wiedzę dotyczącą podstawowych grup tworzyw metalicznych stosowanych w technice w obróbce cieplnej i cieplno – chemicznej (powierzchniowej).

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_W06, IM1\_W11, IM1\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P6S\_WG.o, I.P6S\_WG

**Charakterystyka MATMOC\_W2:**

Zna podstawowe kryteria i metody doboru tworzyw metalicznych w zastosowaniach inżynierskich, zwłaszcza w zakresie obróbki cieplnej i cieplno – chemicznej.

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_W05, IM1\_W06, IM1\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG, III.P6S\_WG.o

**Charakterystyka MATMOC\_W3:**

Ma wiedzę z zakresu podstaw teoretycznych, metodyki, doboru i realizacji technologii obróbki cieplnej i cieplno - chemicznej oraz metod oceny jej efektów.

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_W06, IM1\_W12, IM1\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG, III.P6S\_WG.o

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka MATMOC\_U1:**

Potrafi dobrać odpowiednie do rodzaju zastosowania i warunków eksploatacji tworzywo metaliczne i zaprojektować jego obróbkę cieplną lub powierzchniową

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_U14, IM1\_U16, IM1\_U08, IM1\_U09, IM1\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P6S\_UW.2.o, III.P6S\_UW.4.o, I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.1.o, III.P6S\_UW.3.o

**Charakterystyka MATMOC\_U2:**

Potrafi ocenić aspekty ekologiczne zastosowania wybranych technologii obróbki cieplej i cieplno- chemicznej.

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_U10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.2.o, III.P6S\_UW.3.o

**Charakterystyka MATMOC\_U3:**

Umie uwzględnić aspekty ekonomiczne wyboru określonych materiałów i technologii ich obróbki cieplnej lub powierzchniowej

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_U13, IM1\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P6S\_UW.3.o, I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.1.o, III.P6S\_UW.2.o

**Charakterystyka MATMOC\_U4:**

Na podstawie posiadanej wiedzy i analizy fachowej literatury student ma potencjał ażeby rozwijać poprzez pracę własną swoje kompetencje z zakresu tworzyw metalicznych i obróbki cieplnej lub powierzchniowej.

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_U01, IM1\_U05, IM1\_U07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW, I.P6S\_UU, III.P6S\_UW.1.o, III.P6S\_UW.2.o

**Charakterystyka MATMOC\_U5:**

Potrafi ocenić zagrożenia towarzyszące realizacji konkretnych technologii obróbki cieplnej i cieplnochemicznej i ustalić adekwatne zasady bezpieczeństwa i higieny pracy.

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka MATMOC\_K1:**

Rozumie potrzebę pogłębiania i aktualizowania wiedzy w stopniu umożliwiającym wykorzystanie najnowocześniejszych rozwiązań technicznych w doborze materiałów i projektowaniu ich obróbki cieplnej lub powierzchniowej.

Weryfikacja:

Rozmowa ze studentami w trakcie zajęć

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_K01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_KK, I.P6S\_KO

**Charakterystyka MATMOC\_K2:**

Ma świadomość znaczenia obróbki cieplnej lub powierzchniowej tworzyw metalicznych dla optymalnego wykorzystania materiałów w technice. Rozumie zagrożenia wynikające z niewłaściwie podjętych decyzji dot. procesów obróbki cieplnej lub powierzchniowej.

Weryfikacja:

Rozmowa ze studentami w trakcie zajęć

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_K02, IM1\_K05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_KK, I.P6S\_KR

**Charakterystyka MATMOC\_K3:**

Rozumie istotną rolę inżynierii powierzchni tworzyw metalicznych w aspekcie zwiększenia trwałości wyrobów i oszczędności materiałów. Ma świadomość znaczenia innowacyjnych technologii w modyfikacji warstwy wierzchniej umożliwiającej uzyskanie jak najlepszych właściwości materiałów- w budowaniu przewagi konkurencyjnej polskiej gospodarki, przedsiębiorstw, świata nauki. Rozumie potrzebę przekazywania informacji o dokonanych odkryciach, osiągniętych rezultatach społeczeństwu, światu nauki, dokonywania transferu wiedzy i technologii do przemysłu, z uwzględnieniem zasad ochrony własności intelektualnej.

Weryfikacja:

Rozmowa ze studentami w trakcie zajęć

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** IM1\_K02, IM1\_K05, IM1\_K07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_KK, I.P6S\_KR, I.P6S\_KO